

PENGGANTIAN KENDALI TEMPERATUR *AUTOCLAVE* ME-24

Achmad Suntoro

Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, BATAN

Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang

ABSTRAK

PENGGANTIAN KENDALI TEMPERATUR *AUTOCLAVE* ME-24. *Autoclave* ME-24 yang digunakan sebagai perangkat pasifasi (membuat menjadi pasif) logam dalam rangka menghambat laju korosinya menggunakan empat buah pemanas beserta alat kendali temperaturnya. Penggantian kendali temperatur harus dilakukan karena terjadi kerusakan. Perbaikan alat kendali atau penggantian menggunakan kendali temperatur yang sama tidak mungkin dilakukan karena tidak tersedianya lagi suku cadang di pasaran baik level komponen maupun level modul dari kendali tersebut. Oleh karena itu penggantian dengan jenis sistem kendali yang serupa dan setingkat kemampuannya harus dilakukan. Makalah ini berisi pertimbangan teknis, langkah-langkah disain, dan hasil uji atas penggantian kendali tersebut sehingga *autoclave* ME-24 dapat berfungsi kembali.

Kata kunci: *autoclave*, kendali temperatur, refurbishment, sambungan thermocouple.

ABSTRACT

REPLACEMENT OF *AUTOCLAVE* ME-24 TEMPERATURE CONTROLLER. *Autoclave* ME-24 which is used as a passivity equipment of metal in order to prevent its rate of corrosion has four heating systems including their temperature controllers. Replacement of the temperature controllers are inevitably implemented because the controllers were defective. Repair of the controllers or replacement with exactly the same controllers is impossible because of both expiry in component and module level of the controllers. Therefore replacement with similar type and performance has to be implemented. This paper describes technical consideration, steps of design, and results of test measurement in the controller replacement so that the *autoclave* can work normally as before.

Keyword: *autoclave*, temperature controller, refurbishment, thermocouple extension.

PENDAHULUAN

Autoclave ME-24 adalah perangkat yang digunakan sebagai pasifasi (membuat pasif) logam untuk tujuan menekan laju korosi logam tersebut. Logam akan memiliki laju korosi yang rendah jika logam tersebut dalam kondisi pasif^[1]. Gambar 1 memperlihatkan bentuk fisik *autoclave* ME-24 di PTBBN – BATAN.

Lokasi kabinet pengendali temperatur dan tungku *autoclavenya* dibuat terpisah (berlainan ruangan) mengingat tungku

autoclave saat bekerja akan bertekanan tinggi, sehingga ditempatkan pada ruang tersendiri untuk meningkatkan faktor keselamatan kerja. Sistem *autoclave* ME-24 ini mempunyai empat sistem pemanas berikut kendali temperaturnya, zone 1 sampai zone 4.

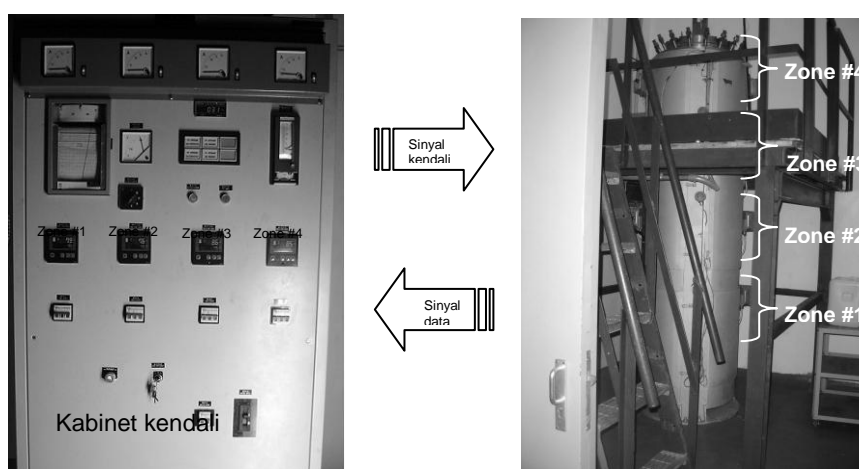
Kendali temperatur terpasang (bawaan) dari *autoclave* ME-24 adalah kendali temperatur dengan merek dagang GEFRA tipe SA buatan Itali. Dua dari kendali tersebut rusak dan tidak mungkin diperbaiki karena tidak tersedianya lagi suku cadang maupun

modul GEFRA dengan tipe tersebut. Oleh karena itu, penggantian dengan kendali temperatur merek dagang lain namun mempunyai karakteristik dan kelas yang sama harus dilakukan agar *autoclave* tersebut dapat berfungsi kembali.

Makalah ini akan menjelaskan pertimbangan teknik, langkah disain, dan pengujian dalam penggantian kendali temperatur tersebut. Fungsi kerja alat secara detail harus dipahami jika komponen atau modul harus diganti menggunakan merek dagang lain.

karakteristik komponen lain yang tepat untuk menggantikannya sehingga daerah kerja alat tidak akan berubah dan tetap seperti disain awalnya.

Pengujian setelah penggantian modul temperatur tersebut telah dilakukan, dan menunjukkan bahwa hasil yang didapat sesuai dengan yang diharapkan. Makalah ini dibuat sebagai *sharing* informasi dalam proses penggantian modul yang mengharuskan penggunaan merek dagang dan tipen lain.



Gambar 1. *Autoclave* ME-24 dan kendali

TATA KERJA

• Pertimbangan teknis

Autoclave ME-24 menggunakan empat sistem pemanas berikut kendali temperaturnya. Dua dari kendali temperatur tersebut telah rusak, sehingga perlu diganti. Penggantian modul kendali akan dilakukan semuanya (empat modul) dengan pertimbangan untuk kesera-gaman, umur lanjut modul lama yang tidak rusak (*life time*), kemudahan proses instalasi dan kemudahan dalam penggunaannya. Pertimbangan lain adalah bahwa dua modul yang tidak rusak tersebut dapat dijadikan suku cadang bagi *autoclave* QE-12 (pada laboratorium yang sama) yang menggunakan satu modul kendali tersebut (sama jenisnya) dan Pemahaman ini digunakan untuk menetapkan komponen yang akan diganti dan mencari

tidak lagi mempunyai suku cadang atas modul tersebut.

Modul kendali pengganti diusahakan menggunakan modul yang populer/mudah diperoleh di pasaran dan mempunyai kelas yang setingkat. Hal ini menjadi pertimbangan karena dewasa ini cukup banyak jenis modul kendali yang beredar di pasaran dengan berbagai tingkat kemampuan yang berbeda dan tentu diikuti dengan harga jual yang berbeda pula.

Modul kendali yang tepat sama seperti yang akan diganti (meskipun merek dagangnya berbeda) jelas sulit diperoleh karena tiap modul selalu menawarkan *future-fit* atau unggulan dari modul lain sebagai persaingan teknis. Oleh karena itu, optimasi kemampuan modul dan pertimbangan nilai

ekonomis, dengan acuan kemampuan operasi autoclave tidak boleh menjadi lebih rendah, akan diutamakan sehingga tidak ada fasilitas modul terpasang berlebihan yang tidak digunakan oleh *autoclave* ME-24 dalam operasinya.

Dari pertimbangan teknis di atas dan langkah disain yang akan diterangkan di bawah, maka ditentukan pengganti modul GEFran tipe SA adalah modul OMRON tipe E5AN – R3MT – 500-AC100/240.

• Langkah-langkah disain

Beberapa langkah disain berikut akan diterapkan dalam kegiatan penggantian modul kendali temperatur *autoclave* ME-24 ini.

▪ Memahami sistem kerja

Fungsi kerja modul kendali temperatur pada sistem autoclave ME-24 adalah mengendalikan temperatur sesuai dengan perintah dari operator melalui *mechanical switch* yang ada pada modul kendali. Meskipun autoclave ME-24 ini menggunakan empat kendali temperatur, namun mereka bekerja secara terpisah sendiri-sendiri dan tidak bekerja sebagai sistem kendali MIMO (*multiple input multiple output*). Masing-masing modul kendali menggunakan sistem SISO (*single input single output*) dimana inputnya temperatur dari sebuah *thermocouple* dan outputnya kontak *relay* yang akan digunakan secara tidak langsung (menggunakan *solenoid relay* lain yang lebih besar) untuk menghidupkan dan mematikan filamen pemanas. Metoda kendali adalah ON-OFF dan tekanan dalam tungku terpisah dan tidak mempengaruhi pengendalian temperatur dalam tungku.

Sistem *warning* jika temperatur terlalu tinggi atau terlalu rendah dikendalikan oleh modul lain yang tidak berkaitan dengan modul kendali yang akan diganti. Pada prinsipnya modul kendali yang akan diganti ini hanya mengendalikan temperatur dan memberi informasi arus listrik salah satu fasa dari filamen pemanas. Batasan kerja dari modul kendali tersebut memberi gambaran bahwa penggantian dengan modul lain (meskipun dengan merek dagang tidak sama) bisa dengan mudah dilakukan.

▪ Menyesuaikan spesifikasi

Spesifikasi dari modul kendali yang rusak harus ditemukan. Berikut ini butir-butir gagasan Commare dan Hentges^[2] yang dikembangkan untuk penggantian modul kendali temperatur dalam makalah ini. Spesifikasi modul kendali harus dibuat sama atau setara dalam hal :

- Tegangan kerja (listrik) yang digunakan (DC atau AC serta besarnya).
- Jenis *thermocouple* yang digunakan (type N, K atau S misalnya).
- Jenis pengendalian (ON-OFF atau PID misalnya)
- Jenis *output*, kapasitas daya dan jumlahnya. (Kontak relay mekanik atau *solidstate*, batas arus atau tegangan maksimum, SPDT atau DPDT misalnya).
- *Interface* dengan pengguna (jenis *display* numerik atau ON-OFF, *keypad* atau lainnya misalnya).
- Sistem komunikasi. Jika modul kendali terhubung dengan sistem jaringan maka jenis komunikasinya harus disesuaikan.
- Portabilitas modul. Apakah modul terpasang pada kabinet atau jenis yang *portable*.
- Tambahan indikator dan atau masukan lain-lain (*accessories*).

Tabel 1. Spesifikasi modul kendali

Spesifikasi	Lama ^[3]	Baru ^[4]
Tegangan kerja	AC, 220 V	AC, 220V
<i>Thermocouple</i>	K	K
Pengendalian	ON-OFF	ON-OFF
Jenis <i>output</i>	Kontak <i>relay</i> , max 5 Amp, SPST.	Kontak <i>relay</i> , max 5 Amp, SPST.
Interface dengan operator	<i>Seven segmen display</i> dan <i>mechanical switch</i> .	<i>Seven segmen display</i> dan <i>keypad</i> .
Sistem komunikasi	-	-
Portabilitas	Terpasang di kabinet	Terpasang di kabinet
Accessories	<ul style="list-style-type: none"> • Meter arus • Saklar power 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada • Tidak ada

Tabel 1 memberikan gambaran secara singkat spesifikasi modul kendali lama yang akan diganti dan modul kendali baru sebagai pengganti. Terjadi perbedaan dalam hal *accessories* yang dimiliki modul lama, yaitu meter pengukur arus dan saklar *power* untuk modul tersebut. Dua *accessories* tersebut bukan hal yang prinsip sehingga dapat ditambahkan diluar modul baru.

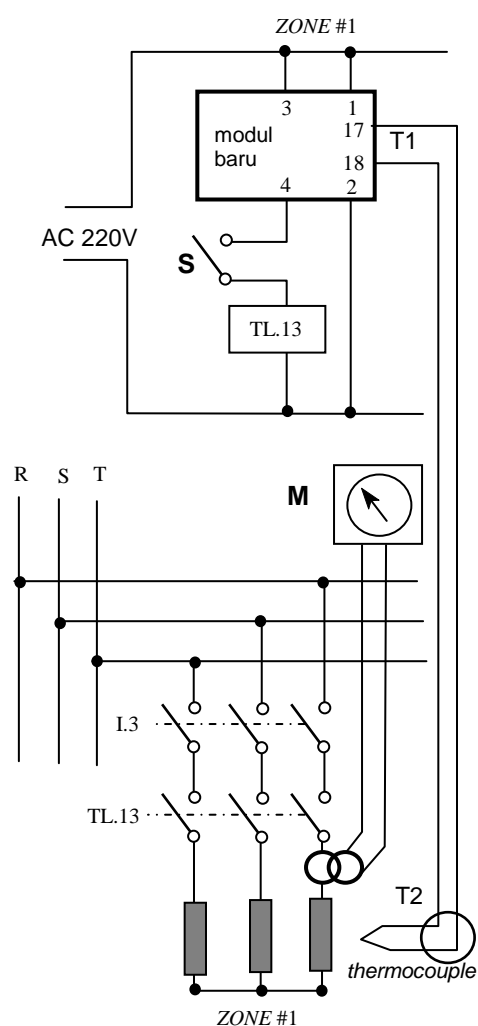
▪ Menyesuaikan fasilitas

Sangat mungkin terjadi bahwa fasilitas yang ada pada modul lama tidak sepenuhnya tersedia pada modul pengganti, sehingga tambahan diluar modul baru perlu diberikan dengan rangkaian listrik tersendiri. Dalam kasus ini, untuk dapat menyesuaikan seperti ketika modul lama beroperasi, perlu tambahan meter pengukur arus filamen pemanas dan saklar manual aktifasi kendali ke filamen pemanas.

Sebenarnya meter arus filamen tersedia juga pada modul baru pengganti, namun penunjukannya tidak langsung yaitu menggunakan *display* bersama dengan penunjukkan nilai temperatur secara bergantian. Kondisi ini

dirasa kurang praktis dalam operasionalnya, sehingga diperlukan tambahan meter arus.

Saklar aktifasi diperlukan karena modul lama menggunakan *mechanical-switch* untuk menentukan temperatur yang diinginkan. Sehingga penentuan temperatur tersebut bisa dilakukan ketika modul masih pada posisi OFF. Modul baru pengganti menggunakan digital switch (*keypad* dan *seven segmen display*), sehingga tidak mungkin penentuan temperatur dilakukan pada kondisi modul OFF. Oleh karena itu saklar aktifasi tambahan harus dipasang.



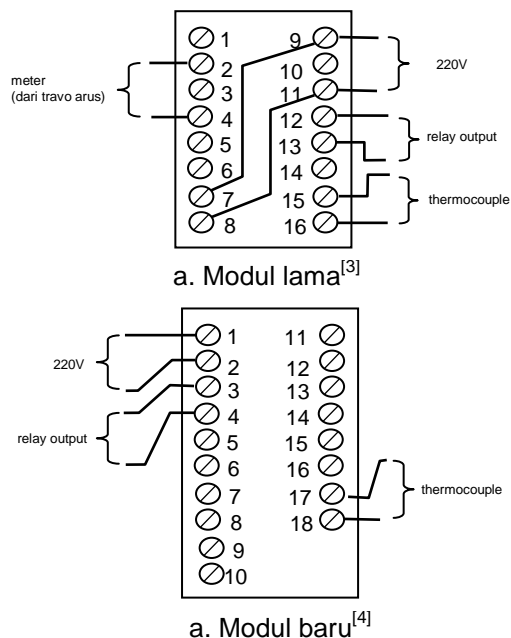
Gambar 2. Penyesuaian fasilitas

Saklar S dan meter M adalah tambahan rangkaian listrik yang harus diberikan untuk menyesuaikan fasilitas modul lama seperti pada Gambar 2 untuk Zone #1. Ada

empat *zone* untuk *autoclave* ME-24 dan semua rangkaiannya sama. Pada modul lama saklar S dan meter M tidak ada karena keduanya telah tersedia pada modul lama yang diganti tersebut.

▪ Menyesuaikan sambungan

Sambungan ke modul dipastikan tidak akan sama posisinya, sehingga penyesuaian perlu dilakukan. Langkah penyesuaian dapat dilakukan dengan pengelompokan jenis sambungan, yaitu: listrik (*power*), *thermocouple*, kontak *output (relay)*, jalur komunikasi, dan accesories seperti alarm/sinyal-sinyal lain.



Gambar 3. Sambungan modul

Dari Gambar 3 terlihat ada empat kelompok sambungan pada modul lama, dan akan digantikan dengan modul baru dengan tiga kelompok sambungan. Sambungan ke-empat dibuat secara terpisah di luar modul baru, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

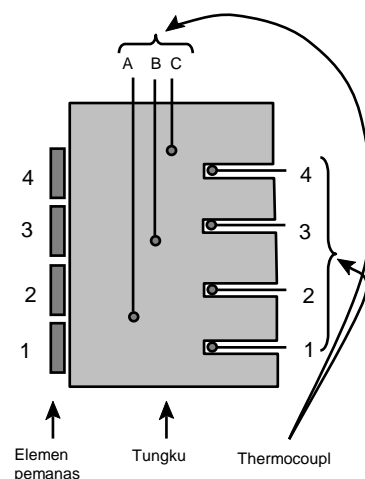
Uji fungsi terhadap empat modul kendali temperatur yang baru tersebut dilakukan dengan menuangkan air sebanyak 10 liter ke

dalam tungku *autoclave* nya. Air ini digunakan untuk menaikkan tekanan di dalam *autoclave*, sesuai dengan kondisi ketika *autoclave* bekerja. Temperatur *autoclave* dinaikkan secara bertahap 10°C untuk setiap 15 menit hingga mencapai temperatur 150°C, dan kemudian dijaga konstan. Gambar 4 adalah data hasil pengujian tersebut.

• Modul kendali temperatur

Empat sistem pemanas tungku *autoclave* diposisikan dalam empat *zone* secara fisik seperti pada Gambar 1 dan secara diagram seperti pada Gambar 5. *Zone* #1 daerah paling bawah dari tungku, *zone* #4 daerah paling atas dari tungku, dan diantaranya adalah *zone* #2 dan #3. Pembagian *zone* dengan pemanas ini diharapkan agar temperatur didalam tungku dapat mendekati *homogen*.

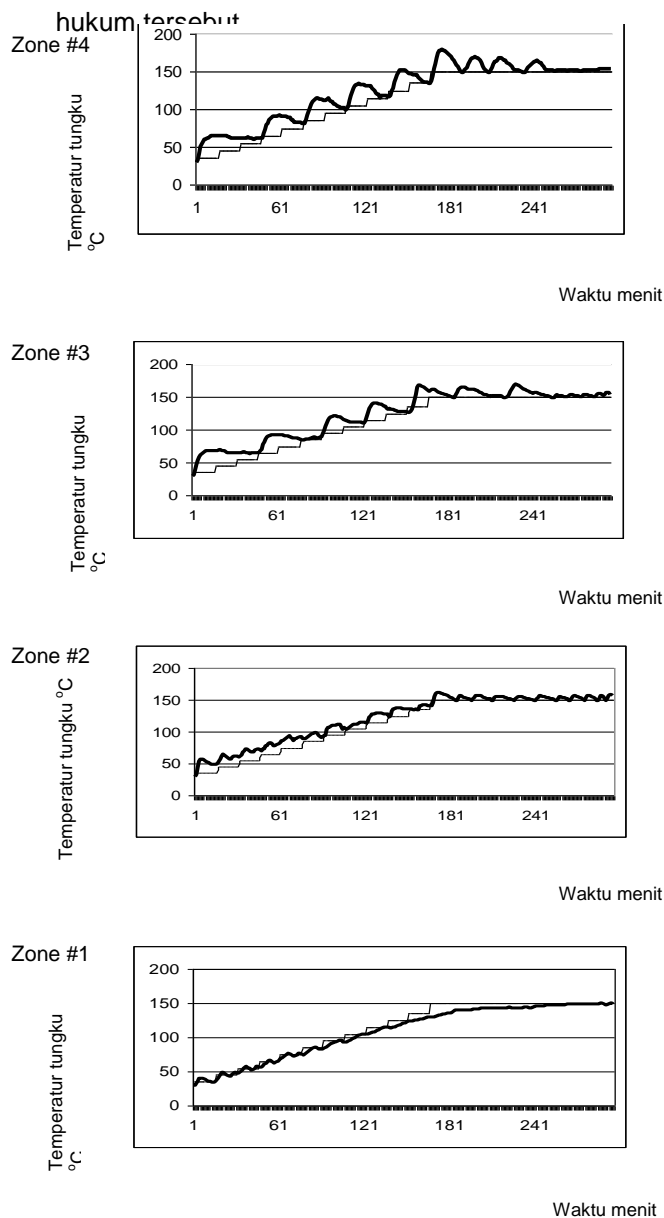
Thermocouple 1, 2, 3, dan 4 digunakan untuk referensi dalam pengendalian elemen pemanas, sedangkan *thermocouple* A, B dan C sebagai monitor temperatur didalam tungku. Hubungan A, B, C dan 1, 2, 3, 4 adalah lingkaran terbuka (*open loop*) sehingga temperatur pada A, B dan C tidak mungkin dipakai sebagai referensi oleh sistem kendali temperatur.



Gambar 4. Diagram *zone* pemanasan

Hasil baca yang ditunjukkan *thermocouple* A, B, dan C tidak mungkin sama

dengan 1, 2, 3, dan 4 melihat dari diagram posisi *thermocouple* pada Gambar 4. Salah satu penyebab perbedaan tersebut adalah temperatur yang dibaca A, B dan C terikat dengan hukum gas ideal, sedangkan temperatur yang dibaca 1, 2, 3, dan 4 dalam ruang terbuka sehingga tidak terikat oleh



Gambar 5. Hasil pengujian modul baru untuk setiap *zone* pemanasan

Dalam makalah ini, temperatur A, B, dan C tidak direkam ketika pengujian mengingat penggantian kendali temperatur tidak ada hubungannya dengan temperatur A, B, dan C, tetapi oleh temperatur di 1, 2, 3, dan 4. Jika temperatur 1, 2, 3, dan 4 dapat dikendalikan sesuai dengan yang diinginkan, maka pengendalian temperatur A, B, dan C dapat dilakukan secara manual dari kendali 1, 2, 3 dan 4 berdasarkan pengalaman data empiris. Gambar 5 adalah data pengujian menggunakan kendali temperatur baru pengganti kendali yang telah rusak.

Fluktuasi yang terjadi pada *zone* #4 pada Gambar 5 dapat dipahami karena perubahan temperatur pada *zone* #4 tidak hanya ditentukan oleh pemanas *zone* #4 saja, tetapi oleh pemanasan *zone* dibawahnya. Hal ini bisa terjadi karena udara panas akan menjadi ringan sehingga akan cenderung naik keatas. Jadi panas yang ditimbulkan oleh *zone* dibawah akan mempengaruhi *zone* diatasnya, sehingga makin keatas fluktuasi akan semakin besar. Namun ketika temperatur konstan telah tercapai, fluktuasi semua *zone* relatif kecil.

Kenaikan temperatur pada *zone* #1 terlihat agak sulit, hal ini disebabkan dasar tungku terisi oleh air sehingga panas yang diberikan oleh sistem pemanas tidak langsung digunakan untuk memanaskan tungku, tetapi digunakan untuk merubah air menjadi uap.

• Sambungan *Thermocouple*

Sebelum pengujian modul kendali temperatur ini dilakukan, pengujian terhadap sambungan *thermocouple* (titik T1 dan T2 pada Gambar 2) dilakukan terlebih dahulu. Hal ini perlu dilakukan mengingat *thermocouple* yang digunakan memerlukan perpanjangan kabel sehingga terjadi penyambungan pada *thermocouple*. Jika terjadi sambungan terbalik pada T1, kesalahan tersebut akan segera terlihat karena tanda negatif pada *display* kendali segera terlihat. Untuk kesalahan terbalik pada titik T2 tidak bisa dilihat dari *display* tersebut.

Penyambungan *thermocouple* yang salah pada T2, yaitu terbalik, akan berakibat temperatur di lingkungan sambungan titik T2 pada Gambar 2 akan mempengaruhi hasil baca oleh modul kendali, sehingga temperatur yang tertera pada *display* modul tidak lagi temperatur didalam tungku yang diukur. Jadi secara menyeluruh berakibat data yang diberikan oleh autoclave menjadi salah akibat terbaliknya sambungan. Untuk itu pengujian perlu dilakukan agar terhindar dari terjadinya kesalahan tersebut.

Pengujian sambungan ini dilakukan dengan cara sederhana, tetapi hasilnya akurat. Yaitu dengan memberi semprotan udara panas menggunakan *hair drier* pada sambungan *thermocouple* tiap modul sambil melihat *display* pada modul kendali bersangkutan. Gambar 6 memperlihatkan pengujian sambungan *thermocouple* untuk meyakinkan bahwa sambungan tidak terbalik. Untuk sambungan yang benar tidak ada perubahan pada *display* temperatur modul kendali ketika udara panas dari *hair drier* diberikan. Tetapi jika sambungan terbalik, maka akan ada perubahan nilai pada *display* modul kendali.

Fenomena pengujian dengan *hair drier* ini dapat dipahami cara kerjanya yaitu bahwa jika sambungan perpanjangan *thermocouple* terbalik, maka pada sambungan tersebut akan bertindak sebagai *thermocouple* yang terhubung seri dengan *hot-junction*. Oleh karena itu modul kendali akan salah ketika membaca temperatur di dalam tungku karena temperatur pada sambungan ikut berpengaruh. Jika sambungan tidak terbalik, maka tidak ada atau terjadi *thermocouple* pada sambungan tersebut sehingga panas dari *hair drier* tidak mempengaruhi pada sistem pengukuran temperatur tersebut.



a. Sambungan 1, 2, 3, dan 4



b. Sambungan A, B, dan C

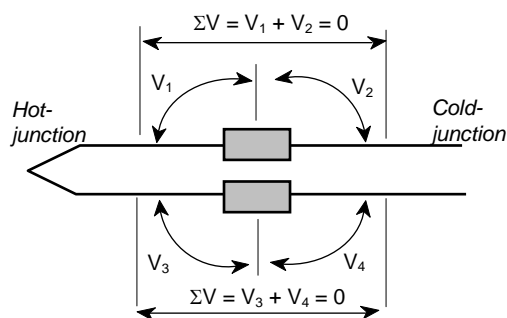
Gambar 6. Menguji sambun perpanjangan *thermocouple*.

Dari eksperimen yang dilakukan secara terpisah (Gambar 7), dapat disimpulkan bahwa logam penyambung perpanjangan *thermocouple* dapat terbuat dari jenis yang tidak harus sama dengan logam *thermocouple* yang akan disambung. Dalam eksperimen tersebut, beberapa jenis logam penyambung digunakan dan semprotan udara panas diberikan. Udara panas di sambungan tidak merubah bacaan modul kendali jika pemanasan di sambungan bersifat *homogen*. Oleh karena itu logam penyambung harus dibuat sekecil mungkin agar udara disekitar sambungan memberi efek *homogen*.



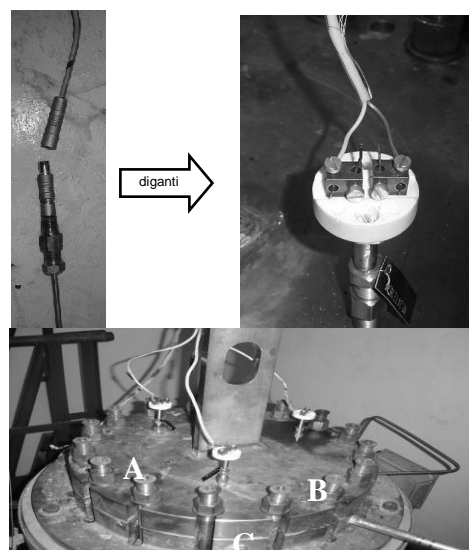
Gambar 7. Pengujian logam penyambung

Jika pengaruh panas pada sambungan terhadap logam penyambung bersifat *homogen* maka Σv pada Gambar 8 akan selalu nol, karena tegangan yang muncul akibat panas di sambungan saling menghilangkan. Hal ini sesuai dengan kaidah logam perantara (*Law Intermediate Metals*) pada *thermocouple*^[5].



Gambar 8. Kaidah logam perantara

Eksperimen yang ditunjukkan pada Gambar 7 dilakukan karena sambungan *thermocouple* A, B dan C terletak pada tutup *autoclave* yang harus dilepas dan sambung setiap kali pemakaian *autoclave*, dan sambungan tersebut telah rusak karena umur pakai sehingga perlu diganti.



Gambar 9. Perubahan jenis sambungan

Penggantian soket sambungan sesuai dengan aslinya sulit dilaksanakan karena soket tersebut bawaan dari *thermocouple* terpasang (harus dibeli bersama *thermocouple*). Oleh karena itu sambungan diganti sementara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.

SIMPULAN

Penggantian modul kendali temperatur menggunakan merek dagang dan tipe yang tidak sama telah dilakukan. Sistem *autoclave* (kendali temperatur) telah dapat berfungsi kembali dengan penggantian tersebut, karena penggantian tidak mengubah spesifikasi modul lama meskipun menggunakan merek dagang dan tipe yang berbeda. Pertimbangan teknis, langkah-langkah disain, dan pengujian termasuk metode sederhana pengujian sambungan *thermocouple* telah diungkap dalam makalah ini sebagai *sharing* informasi dan pengalaman yang mungkin bisa digunakan untuk penggantian modul lain dalam kasus lain yang mengalami problem serupa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kasih kepada saudara Dedi Haryadi, Djoko Kisworo, dan Triarjo staf Bidang Bahan Bakar Nuklir, Kelompok Proses Konversi dan Fabrikasi Bahan Bakar Nuklir – PTBN BATAN, yang telah membantu dalam proses instalasi keempat modul kendali temperatur tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. FONTANA M G.: *Corrosion Engineering.*, McGrawHill., 1986.
2. COMMARE D DAN HENTGES J.: *Six Steps to Customizing a Temperature Controller.*, Medical Design Technology., Morris Plain: Vol. 9. pp.15-18, Juli 2005.
3. GEFRAN.: User manual SA., C.80175., 25050 Provaglio D'iseo., Italia.
4. OMRON.: User Manual E5AN., September 1999.
5. CONSIDINE M.: *Process Instruments and Control Handbook.*, McGraw-Hill Book Company., New York, pp.2.23 - 2.24. 1983.